

# TRANSDUCTEUR ULTRASONORE DE CONTACT, A ELEMENTS MULTIPLES

**Publication number:** JP2002531978 (T)

**Publication date:** 2002-09-24

**Inventor(s):**

**Applicant(s):**

**Classification:**

- international: A61B8/00; G01N29/24; G01N29/265; G01S5/14; G01S5/30; G01S7/52; G10K11/34; H04R17/00; H04R3/00; A61B8/00; G01N29/24; G01N29/26; G01S5/00; G01S7/52; G10K11/00; H04R17/00; H04R3/00; (IPC1-7): A61B8/00; G01N29/24; H04R17/00; H04R3/00

- European: G01N29/24; G01N29/265; G01S5/14; G01S5/30; G01S7/52S6; G10K11/34C4

**Application number:** JP20000585859T 19991125

**Priority number(s):** FR19980014971 19981127; WO1999FR02912 19991125

**Also published as:**

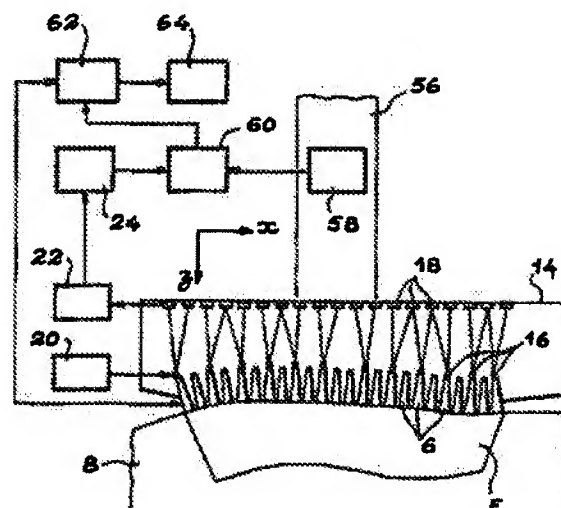
JP4269519 (B2)  
FR2786651 (A1)  
US6424597 (B1)  
WO0033292 (A1)  
ES2251238 (T3)  
EP1051700 (A1)  
EP1051700 (B1)  
DK1051700 (T3)  
DE69927788 (T2)  
CA2318378 (A1)  
CA2318378 (C)  
AT307375 (T)

<< less

Abstract not available for JP 2002531978 (T)

Abstract of corresponding document: **FR 2786651 (A1)**

The invention concerns a multielement contact ultrasonic comprising means (16 to 24, 56 to 60) for determining the respective positions of elements transmitting ultrasounds (6) relative to an object to be controlled (8) during the displacement of the transducer. Means (62) generate driving current pulses, establish, at various predetermined positions, delay laws enabling the transmitting elements to generate a focused ultrasound beam (F) and apply said laws to the driving current pulses. The elements receiving ultrasounds supply signals for forming images concerning the object. The invention is applicable in medicine and non-destructive testing.



Data supplied from the *espacenet* database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2002-531978

(P2002-531978A)

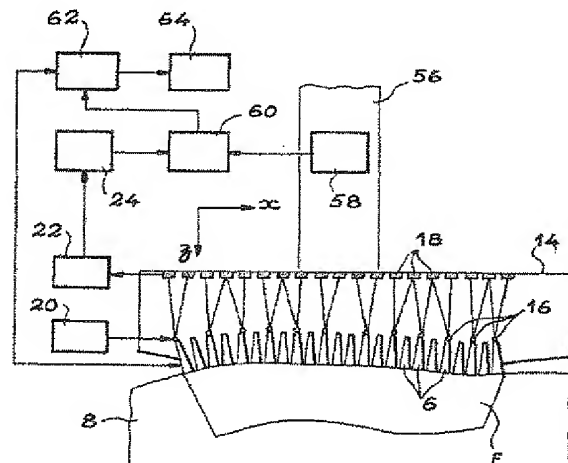
(43) 公表日 平成14年9月24日 (2002.9.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード* (参考)
H 0 4 R 17/00	3 3 2	H 0 4 R 17/00	3 3 2 B 2 G 0 4 7
A 6 1 B 8/00		A 6 1 B 8/00	4 C 3 0 1
G 0 1 N 29/24		G 0 1 N 29/24	5 D 0 1 9
H 0 4 R 3/00	3 3 0	H 0 4 R 3/00	3 3 0
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)			
(21) 出願番号 特願2000-585859 (P2000-585859)		(71) 出願人 コミッサリア ア レネルジー アトミック	
(86) (22) 出願日 平成11年11月25日 (1999.11.25)		ク	
(85) 翻訳文提出日 平成12年7月26日 (2000.7.26)		COMMISSARIAT A L'EN	
(86) 国際出願番号 PCT/FR99/02912		ERGIE ATOMIQUE	
(87) 国際公開番号 WO00/33292		フランス国, 75752 パリ カンズィエ	
(87) 国際公開日 平成12年6月8日 (2000.6.8)		ーム, リュ ドウ ラ フェデラシオ	
(31) 優先権主張番号 98/14971		ン, 31-33番地	
(32) 優先日 平成10年11月27日 (1998.11.27)		(72) 発明者 ボロメイ ジャン-シャルル	
(33) 優先権主張国 フランス (FR)		フランス国, 75013 パリ, リュ ト	
(81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I T, LU, MC, NL, PT, SE), CA, JP, U S		ウサン, フェロン, 10番地	
		(74) 代理人 弁理士 山本 恵一	
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 複数の素子を有する超音波接触変換器

## (57) 【要約】

この変換器は、変換器の変位中に検査対象 (8) に対するそれぞれの超音波放射素子 (6) の位置を決定する手段 (16~24, 56~60) を備える。手段 (62) は、放射素子を励起させるパルスを生成し、決定した位置を出発点として、放射素子が集束した超音波ビーム (F) を生成できるようにする遅延法則を生成し、これらの法則を励起パルスに適用する。超音波受信素子は、対象に関係した像を形成するのに使用する信号を供給する。医学および非破壊試験に应用することができる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 複数の素子(6)を有する超音波接触変換器であって、それぞれの素子が超音波放射および／または受信素子であり、変換器が、検査対象(8)に対して移動するように設計され、この対象の表面と接触するように設計された変形可能な放射面を有し、そこから超音波が対象に放射され、放射素子に対する励起パルスを生成する制御手段(62)が提供された変換器において、

変換器が移動しているときの対象に対するそれぞれの超音波放射素子の位置を決定する手段(16、18、20、22、24、56、58、60；24、38、40、42、44、46、48、50、52、54、56、58、60)を備え、

処理手段が、

こうして決定された位置を出発点として遅延法則を生成して、放射素子が、対象に関して制御された特性を有する集束した超音波ビーム(F)を生成することができるようにし、

これらの遅延法則を励起パルスに適用するように提供され、

超音波受信素子が、対象に関係した像の形成のための信号を供給するように設計される

ことを特徴とする変換器。

【請求項2】 複数の素子が、可撓性圧電ポリマー・ストリップおよび金属の付着によって得られた隣接する電極の回路網から形成される、請求項1に記載の変換器。

【請求項3】 複数の素子が、超音波に対して受動的な可撓性基板に埋め込まれた剛性圧電素子である、請求項1に記載の変換器。

【請求項4】 複数の素子が剛体であり、連接構造を形成するために互いに対して機械的に組み付けられる、請求項1に記載の変換器。

【請求項5】 対象に対するそれぞれの超音波放射素子の位置を決定する手段が、

放射面の変形を測定することによって変換器の非変形可能部分(14)に対するそれぞれの放射素子の位置を決定し、こうして決定した位置を表す信号を供給

するように設計された第1の手段（16、18、20、22、24；24、38、40、42、44、46、48、50、52、54）と、

対象に対する変換器のこの非変形可能部分の位置および方向を決定し、こうして決定した位置および方向を表す信号を供給するように設計された第2の手段（58、60）と、

これらの第1および第2の手段によって出力された信号を利用して対象に対するそれぞれの超音波放射素子の位置を供給するように設計された第3の手段（60）

を備える、請求項1から4のいずれか一項に記載の変換器。

【請求項6】 第1の手段が、

変換器の非変形可能部分の別個の固定点からの距離、および超音波放射素子のサブアセンブリのそれぞれの素子のバックングからの距離を測定する手段（16、18、20、22；38、40、42、44、46、48、50、52、54）と、

先に決定した距離を利用してそれぞれの超音波放射素子の位置を決定するように設計された補助処理手段（24）

を備える、請求項5に記載の変換器。

【請求項7】 距離測定手段が、

サブアセンブリの素子のバックングに固定され、順々に超音波を放射するように設計された補助超音波エミッタ（16）と、

非変形可能部分に固定され、補助エミッタによって放射された超音波を検出するように設計された補助超音波レシーバ（18）と、

より高い強度の超音波を受信している一群の補助レシーバのそれぞれからそれぞれの補助エミッタまでの距離を測定する手段（22）

を備える、請求項6に記載の変換器。

【請求項8】 距離測定手段が、

マイクロ波源（48）と、

非変形可能部分に堅く固定され、この源に結合され、順々にマイクロ波を放射するように、かつ順々にマイクロ波を受信するように設計された複数のマイクロ

波アンテナ（42、44）と、

サブアセンブリの素子の異なるバックングにそれぞれ固定され、アンテナによって放射されたマイクロ波を散乱させるように設計されたマイクロ波プローブ（38）であって、プローブによって散乱されたそれぞれのマイクロ波を異なる周波数で変調するように設計された非線形デバイス（40）がそれぞれに取り付けられたプローブと、

アンテナに結合され、それぞれのプローブからそれぞれのアンテナまでの距離をこのプローブによって散乱され、このアンテナによって受信されたマイクロ波の位相を測定することによって測定するように設計され、さらに、異なる変調周波数での同期検出によってプローブを互いから区別するように設計されたマイクロ波受信手段（54）

を備える、請求項6に記載の変換器。

【請求項9】 補助処理手段（24）が、サブアセンブリ内の素子のバックングを最もよく通過する輪郭を補間法によって決定し、この輪郭を使用して変換器の非変形可能部分に対するそれぞれの超音波放射素子の放射面の位置を決定するように設計される、請求項6から8のいずれか一項に記載の変換器。

【請求項10】 第2の手段が、変換器の非変形可能部分（14）に固定された接続機械アーム（56）を備える、請求項5から9のいずれか一項に記載の変換器。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

(技術分野)

本発明は、複数の素子を有する超音波接触変換器に関する。

**【0002】**

これは特に医学ならびに機械部品の非破壊試験、特に複雑な形状または例えば研削に起因する不規則な表面を有する部品の非破壊試験に応用できる。

**【0003】**

(従来技術)

多くの工業分野、および特に原子力発電所のケースで超音波接触変換器による試験は材料検査において重要な役割を演じている。

**【0004】**

この技法は、被検査部品に直接に接触した状態でこの超音波変換器を移動させることから成る。変換器は、そのそれぞれの位置で超音波パルスを放射し、構造およびことによると部品欠陥によって反射された反響を記録する。

**【0005】**

しかし多くの幾何形状上の状況、すなわち接近（特に接続）の制限、可変の表面状態および輪郭の変動などが超音波の使用を困難にする。これらの検査中に使用される変換器は、検査を最適化することができない従来型の変換器である。

**【0006】**

例えば分野によって、変換器と被検査部品の間の接触が不良なことによって感度の変動が認められたり、部品に押し当てた変換器の方向が正しくないために位置決めが不正確になったり、または表面のコンフィギュレーションによって変換器の移動が妨げられたときに溶接部を部分的にしかカバーしなかったりする。

**【0007】**

したがって、複雑なコンフィギュレーションを有する部品に対して検査を実施する間には多くの困難が認められる。このような困難は、以下のような従来の超音波接触変換器の性能の限界を示している。

**【0008】**

### 1) 結合層の厚さの変動

表面が共形でない領域またはコンフィギュレーションが変動する領域の上を超音波変換器が通過するとき、接触は最適なものとはならない。したがって検査中の試験片の表面と変換器の放射面の間に位置する結合層の厚さは変動しやすい。したがってこの層を通過することによる遅延は、変換器の表面上の異なる点から超音波が放射されるたびに異なる。

#### 【0009】

さらに、相次いで反射された異なる波と波の間の複雑な干渉現象がこの層で起こる。その結果、超音波ビームが劣化し、それによって検査の感度が低下する。こうして変換器の欠陥検出能力は制限される。

#### 【0010】

### 2) 不正確な変換器方向

輪郭が変動する試験片の検査に使用する間に試験片に押し当てられた変換器の方向は変化する。したがって、変換器が輪郭に沿って変位するにつれて試験片中での超音波の伝搬方向は変化するので、この伝搬方向を制御することができない。

#### 【0011】

手動モードで検査を実施する際、操作者は、完全に真っ直ぐな線に沿って変位させることはできず、これによっても伝送された超音波ビームのディスオリエンテーションが生じる。この試験片中でのビームの伝搬方向が分からないので試験片中の欠陥の位置に関する情報は失われる。

#### 【0012】

### 3) 接近の制限

被検査部品のコンフィギュレーションによっては、この部品の全体の長さに沿って変換器を移動させることができないことがある。検査する領域を部分的にしかカバーすることができない。

#### 【0013】

次に、これらの問題を解決する周知の解決法を検討する。

#### 【0014】

超音波ビームは、伝送ビームを被検査部品内部の所定の集束深さおよび方向のところに集束させることによって制御される。

【0015】

集束の原理は、寄与分 (contributions) が必要な焦点に同相で到達するように遅延を放射面に適用することから成る。

【0016】

モノリシック変換器の場合には、放射面上に形成されたレンズに位相シフトを適用することによって遅延を物理的に分散させる。したがってこのタイプのシステムは固定型であり、部品表面にコンフィギュレーションの変動がない場合にのみ満足のいく結果が得られる。

【0017】

超音波ビームを動的に整形するためには複数の素子を有する変換器または多素子変換器を使用する必要がある。変換器のそれぞれの素子に遅延が電子的に割り当てられ、そのため、単一の素子によって生成された超音波ビームの特性を修正でき、したがって、ビームの焦点を制御すること、および同時に、可変のコンフィギュレーションを有する表面によって生じた変形を補償することができる。

【0018】

1) 液浸型多素子変換器

可変の輪郭を有する部品の検査を、結合液体、例えば水に浸した多素子変換器を使用して実施することができる。この場合、変換器はもはや部品と直接には接触せず、代わりに十分に厚い水の層によって部品から隔てられ、そのために結合層（この例では水の層）中で相次いで反射された異なる超音波間の干渉現象が大幅に低減される。

【0019】

複雑な幾何形状を有する部品の検査中に、超音波ビームの集束は、変換器の異なる素子によって焦点に制限された超音波の水中での経路およびこの部品を形作る材料（例えばスチール）中での経路をそれぞれの変換器位置について計算することによって実施される。

【0020】



この解決方法は重大な困難を引き起こす。部品の正確なコンフィギュレーションならびに部品に対する変換器の位置および方向が分からないと適合された遅延法則は計算できない。

#### 【0021】

さらに、この検査モードは工業環境で常に使用できるわけではない。部品を局部的に浸漬することが、特に接近が制限されるために困難である場合がある。

#### 【0022】

##### 2) 多素子接触変換器

多素子接触変換器も使用される。しかし、複雑なコンフィギュレーションを有する部品の検査中に接触が不適当なことに起因して伝送された場の劣化が生じる。

#### 【0023】

この劣化を補償するためにアルゴリズム的技法が開発されたが、それらの技法は既知の欠陥が部品中に存在することを要求するため、あまり満足のいくものではない。

#### 【0024】

最近開発された一解決法は、部品の正確な表面に適合する変形可能な放射面を有する多素子接触変換器を使用することから成る。この場合には接触が最適となり、放射面と被検査部品の間で結合層が十分に薄くかつ均一に保たれ、超音波の伝送を妨害しない。

#### 【0025】

特定の一変換器が文献[1][2]および[4](後に述べるその他の文献と同じくこの説明の最後に掲載されている)に記載されており、これは、超音波に対して受動的な可撓性基板中に埋め込まれた(セラミック製の)剛性圧電ウェーハから得られる。

#### 【0026】

しかしこの場合には、伝送された超音波ビームを欠陥の特性評価が最適化となるように制御するためには、被検査部品の幾何形状ならびにその部品に対する変換器の位置および方向を正確に知っておく必要がある。

## 【0027】

## (発明の説明)

本発明は、対象中の欠陥をよりよく検出し、局所化し、特徴づけるため、複雑な幾何形状を有する部分（機械部品または人体の一部）の超音波検査の性能が向上するように設計される。

## 【0028】

この性能の向上には、対象中を伝送される超音波ビームの制御、特にこのビームの集束深度および方向に関する制御が必要である。

## 【0029】

より正確には、本発明の目的は、複数の素子を有する超音波接触変換器であり、それぞれの素子が超音波送信および／または受信素子であり、変換器が、検査対象に対して移動するように設計され、この対象の表面と接触するように設計された変形可能な放射面を有し、そこから超音波が対象に放射され、放射素子に対する励起パルスを生成する制御手段が提供された変換器であって、

変換器が移動しているときの対象に対するそれぞれの超音波放射素子の位置を決定する手段を備え、

処理手段が、

—こうして決定された位置を出発点として遅延法則を生成して、放射素子が、対象に関して制御された特性を有する集束した超音波ビームを生成することができるようにし、

—これらの遅延法則を励起パルスに適用する

ように提供され、

超音波受信素子が、対象に関係した像の形成のための信号を供給するように設計される

ことを特徴とする超音波接触変換器である。

## 【0030】

本発明では、変換器が対象の正確なコンフィギュレーションを測定するため、これを知っておく必要はない。この変換器は、検査の実際のコンフィギュレーションが変換器の放射面の変形の測定、解析および補償によって実施されるように

適合されるため、独立に動作することができる。

【0031】

したがってこの変換器は「インテリジェント」変換器であると考えることができる。

【0032】

本発明に基づく変換器の特定の第1の実施形態によれば、複数の素子が、可撓性圧電ポリマー・ストリップおよび金属の付着によって得られた隣接する電極の回路網から形成される。

【0033】

特定の第2の実施形態によれば、複数の素子が、超音波に対して受動的な可撓性基板に埋め込まれた剛性圧電素子である。

【0034】

特定の第3の実施形態によれば、複数の素子が剛体であり、接続構造を形成するために互いに対して機械的に組み付けられる。

【0035】

本発明に基づく変換器の好ましい実施形態によれば、対象に対するそれぞれの超音波放射素子の位置を決定する手段が、

一放射面の変形を測定することによって変換器の非変形可能部分に対するそれぞれの放射素子の位置を決定し、こうして決定した位置を表す信号を供給するように設計された第1の手段と、

一対象に対する変換器のこの非変形可能部分の位置および方向を決定し、こうして決定した位置および方向を表す信号を供給するように設計された第2の手段と、

一これらの第1および第2の手段によって出力された信号を利用して対象に対するそれぞれの超音波放射素子の位置を供給するように設計された第3の手段を備える。

【0036】

好ましくは第1の手段が、

一変換器の非変形可能部分の別個の固定点からの距離、および超音波放射素子

のサブアセンブリのそれぞれの素子のバックングからの距離を測定する手段と、  
ー先に決定した距離を利用してそれぞれの超音波放射素子の位置を決定するよ  
うに設計された補助処理手段  
を備える。

【0037】

本発明の特定の第1の実施形態によれば、距離測定手段が、  
ーサブアセンブリの素子のバックングに固定され、順々に超音波を放射するよ  
うに設計された補助超音波エミッタと、  
ー非変形可能部分に固定され、補助エミッタによって放射された超音波を検出  
するように設計された補助超音波レシーバと、  
ーより高い強度の超音波を受信している一群の補助レシーバのそれぞれからそ  
れぞれの補助エミッタまでの距離を測定する手段  
を備える。

【0038】

本発明の特定の第2の実施形態によれば、距離測定手段が、  
ーマイクロ波源と、  
ー非変形可能部分に堅く固定され、この源に結合され、順々にマイクロ波を放  
射するように、かつ順々にマイクロ波を受信するように設計された複数のマイク  
ロ波アンテナと、  
ーサブアセンブリの素子の異なるバックングにそれぞれ固定され、アンテナに  
よって放射されたマイクロ波を散乱させるように設計されたマイクロ波プローブ  
であって、プローブによって散乱されたそれぞれのマイクロ波を異なる周波数で  
変調するように設計された非線形デバイスがそれぞれに取り付けられたプローブ  
と、  
ーアンテナに結合され、それぞれのプローブからそれぞれのアンテナまでの距  
離をこのプローブによって散乱され、このアンテナによって受信されたマイク  
ロ波の位相を測定することによって測定するように設計され、さらに、異なる変調  
周波数での同期検出によってプローブを互いから区別するように設計されたマイ  
クロ波受信手段

を備える。

【0039】

好ましくは補助処理手段が、サブアセンブリ内の素子のバックングを最もよく通過する輪郭を補間法によって決定し、この輪郭を使用して変換器の非変形可能部分に対するそれぞれの超音波放射素子の放射面の位置を決定するように設計される。

【0040】

第2の手段が、変換器の非変形可能部分に固定された連接機械アームを備えることができる。

【0041】

以下に示す例示的な実施形態の説明を添付図面を参照して読むことによって本発明をより深く理解することができよう。以下の説明は単に情報の伝達が目的であり、本発明を限定しようとするものではない。

【0042】

(特定の実施形態の詳細な説明)

本発明に基づく超音波変換器について検討する。この変換器は、変形可能な放射面を有する複数の素子を備える変換器である。

【0043】

この放射面は、検査対象の表面を対象の表面との接触を保ったまま移動するように設計される。

【0044】

さらに本発明によればこの変換器が、その放射面の変形を測定し、これによって変換器の剛性部分に対する圧電素子の位置を与える計装を備え、対象に対する変換器の剛性部分の位置（3座標）および方向（3成分）が測定される。

【0045】

分かりやすくするため、以下の説明を、図1および2の超音波の入射面（ $x$ ,  $z$ ）内でのみ変形を受ける線形モジュール型の超音波変換器2（図1）に適用する。

【0046】

この変換器の放射面は、図1の一方向 $L_y$ だけに沿って独立した素子4に分割される。

【0047】

このモジュール2の幾何形状パラメータを図1に示す。表記法は以下の通りである。

$L_x$  = 入射面 ( $x$ 、 $z$ ) における長さ

$L_y$  = 入射面に垂直な面 ( $y$ 、 $z$ ) における幅

$p$  = 2つの隣接する素子の中心間の距離

$d_x$  = 素子の幅

【0048】

これらのパラメータの値は、応用ならびに選択する音響特性すなわち中心周波数および信号帯域幅に応じて決定される。

【0049】

この線形（言い換えると1次元）変換器は、図2の入射面 ( $x$ 、 $z$ ) 内での表面の変形を補償する能力を有する。

【0050】

この概念を、2つの方向 $x$ および $y$ に沿った放射面の分割によって3次元空間内の全ての方向で超音波ビームの制御が可能となるマトリックス型超音波変換器の製造に適用することができる。

【0051】

変換器の変形可能性に関してはいくつかの技法が可能である。これらの技法は、使用する圧電材料の性質によって定義される。

【0052】

したがって放射面は、一般にP V D Fである圧電ポリマーの可撓性ストリップおよび金属の付着によって得た隣接する電極の回路網から構成することができる（論文[1] および[2] 参照）。

【0053】

同様に、文献[1]、[2] および[4]に記載の技法は、超音波に対して受動的な（言い換えると不活性な）可撓性基板中に形成された一組の剛性圧電素子

を使用することから成る。

【0054】

最後に、Metal scan社が開発した技法は、接続構造を得るため互いに対して機械的に組み付けられた一組の剛性超音波素子を使用することから成る。

【0055】

技法の如何によらず（既存のものであるかまたは特別に開発されたものであるかによらず）、非常に小さな曲率半径（一般に15mmから20mm）を有する局部変形を得る能力を有していなければならない。これをマトリックス型超音波変換器の場合に置き換えることができる。

【0056】

図2に、Metal scan社が提案しているこのタイプの変形可能な線形多素子モジュールの例示的な実施形態を示す。

【0057】

超音波放射－受信素子6の台形の形状および寸法は、必要な変形を得るために十分なすきま（クリアランス）を提供するように設計される。

【0058】

図2の検査対象を符号8で示す。それぞれの素子は、対象の表面と接触したアクティブ面10およびバックキングと呼ぶ裏面12を有する。

【0059】

図2では変換器がさらに、複数の素子6を含むモジュールがその中に固定された非変形可能ハウジング14を備える。

【0060】

本発明によれば、この変換器のおもて面（素子のアクティブ面は全てこの面にある）の変形を測定するシステムが変換器に内蔵される。この変形は、後に説明する特定の計装を出発点として得られる。

【0061】

1次元モジュールの場合、素子の位置は、変換器の局部座標系内で測定されたその2つの座標（ $x$ ， $z$ ）によって決定される。

【0062】

それぞれの素子の変換器座標系内での座標（位置）を得る目的で選択した技法は、いくつかの素子の座標を測定することによって変形可能面をサンプリングすることから成る。

【0063】

次いで、全ての素子の座標を決定するため、多項式補間（polynomial interpolation）技法を適用する。

【0064】

このサンプリングを達成するのに使用する測定は、三角測量原理に基づく（図3）。

【0065】

この場合、素子のバックিং上の点Mの（x，z）座標は、既知の座標（x<sub>1</sub>，z<sub>1</sub>）、（x<sub>2</sub>，z<sub>2</sub>）を有し、互いに距離dだけ離れた異なる2つの点m<sub>1</sub>、m<sub>2</sub>から点Mまでの2つの距離d<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>の測定を出発点として得ることができる。

【0066】

したがって計装は、サンプリングのために選択したそれぞれの素子E<sub>i</sub>（図2）について、変換器のハウジング14上の完全に既知の2つの点m<sub>1</sub>、m<sub>2</sub>からの距離D<sub>i1</sub>、D<sub>i2</sub>を測定するのに使用する一組のセンサから成る。

【0067】

使用する距離センサはいくつかの要件を満たさなければならない。

【0068】

第一に、この距離測定を使用して、モジュールに適用する遅延法則を分解能が十分に精細となるように定義する。 $\lambda/10$ 程度の分解能を選択する。 $\lambda$ は、検査中の材料中での超音波の波長である。

【0069】

例えば、超音波の周波数が2MHzで材料がスチールである場合、その結果として得られる縦波長は2.95mmである。したがって必要な分解能は0.3mm程度となる。

【0070】



さらに、計装全体を変換器内に内蔵しなければならない。そのため基本センサの寸法が1mm程度と非常に小さくななければならない。

【0071】

最後に、これらのセンサは、数ミリメートルの距離を処理する能力を有していなければならない。

【0072】

これらの基準を満たす2つのセンサ技法を選択した。

【0073】

第1の技法は、超音波エミッタおよびレシーバを使用することから成る（図4）。

【0074】

補助超音波エミッタ16を、素子6の中からサンプリング用を選択したそれぞれの素子のバックングに固定し、位置が既知である一組の補助超音波レシーバ18を、変換器のハウジング14のこれらのエミッタ16に面した内側の面に固定する。

【0075】

それぞれのエミッタ16は、受信信号の振幅に応じて一対のレシーバ18に動的に関連づけられる。

【0076】

関連づけられたそれぞれのレシーバ18からエミッタ16までの距離を、このエミッタ16から出力された超音波の飛行時間を測定することによって推定する。

【0077】

超音波の指向性によって、異なるレシーバ18、言い換えればハウジング上の異なる基準点の使用が強制される。

【0078】

エミッタ16およびレシーバ18の音響特性（特に中心周波数および帯域幅）は、必要な分解能が得られるように選択する。

【0079】

この技法では、妨害が生じることは明らかなため、エミッタ16は順々に放射しなければならない。したがってこれらのそれぞれのエミッタ16にそれぞれ関連づけられた異なる素子の位置は、同時にではなく逐次的に得なければならない。

#### 【0080】

動的関連付けを先に検討したのはそういうわけであり、これは、エミッタ16が活動状態のとき、エミッタ16によって放射された超音波は全てのレシーバ18によって拾われ、より高い強度の超音波を受け取った全てのレシーバ18の中から2つのレシーバが選択され、この2つのレシーバがこのエミッタ16に関連づけられることを意味する。

#### 【0081】

図4にはさらに、

ー補助エミッタ16を制御してこれらを順々に活動化させる手段20、

ーレシーバ18が出力した信号を受け取り、先に説明したようにこれらのレシーバのうちの2つを選択してそれぞれのエミッタ16に動的に関連づけ、関連づけられた2つのレシーバのそれぞれに対する、このエミッタを担持している素子6のバックングの距離（したがってハウジング14に対するこの素子6のバックングの位置）を決定する手段22、および

ーハウジングに対するそれぞれの素子6のアクティブ面の位置を後に示すように決定する補助処理手段24

が示されている。

#### 【0082】

第2の技法は、被変調面（modulated face）原理をマイクロ波アンテナに適用することに基づく。

#### 【0083】

参照すべき文献[3]に記載されたこの技法は、散乱の原理に基づく。

#### 【0084】

これは、マイクロ波アンテナ28の電磁界内にプローブ26（図5）が存在することによって誘導される電磁界の妨害を測定することから成る。したがってプ

プローブによって散乱された信号が、サーキュレータ34を介してマイクロ波源30およびマイクロ波レシーバ32に接続されたアンテナで拾われる。

【0085】

この技法はもともと、マイクロ波アンテナによって放射された電磁界の測定を目的としたものであるが、これを逆に、アンテナからプローブまでの距離を測定するのに使用することができる。アンテナ放射図が完全に既知である場合、放射された電磁界のプローブ位置での位相を測定することがアンテナからこのプローブまでの距離を識別する手段である。

【0086】

アンテナでの検出を向上させるため、プローブによって散乱された信号を、一般にダイオードである非線形デバイス36を使用して変調する。

【0087】

この変調技法はさらに、異なる周波数で変調された異なるプローブを同時に使用することを可能にする。その区別は、異なる変調周波数での単純な同期検出によってレシーバで実施される。したがって同じアンテナで一組のプローブまでの距離を同時に測定することが可能である。

【0088】

この技法の使用は図6に概略的に示されており、これは、非線形デバイス36によって変調されたプローブ26をサンプリングのために選択したそれぞれの素子6のバックング上に置き、このハウジング上での位置が既知の2つのマイクロ波アンテナ42および44を被変調プローブ26に面したハウジング14の内面に固定することから成る。

【0089】

これらのアンテナを同時に使用することはできないため、それぞれの素子のプローブまでの距離を同じアンテナで得るためには、2段階の獲得シーケンスが必要である。

【0090】

最後に、測定した距離の性質は、このアンテナの放射図（一般に平面または球形である）の構成によって決まり、したがって異なる計装構成が使用可能である

ことに留意されたい。

【0091】

図6にはさらに、

－異なる周波数でプローブを変調する非線形デバイス36を制御する制御手段46、

－アンテナ42および44を交互に活動化し、これによってこれらのアンテナが、2つのサーキュレータ50および52をそれぞれ介してアンテナ42および44にそれぞれ接続されたマイクロ波を交互に放射するようにするマイクロ波源48、

－サーキュレータ50および52を介してアンテナから交互に受け取った信号を処理して、プローブ26を支持しているそれぞれの素子6のバックキングとそれぞれのアンテナの間の距離（したがってハウジング14に対するこの素子6のバックキングの位置）を決定するマイクロ波レシーバであって、これらの距離が、プローブによって散乱されたマイクロ波の位相を測定することによって決定され、レシーバが、異なる変調周波数での同期検出によってプローブ間の区別を実施するように設計されたマイクロ波レシーバ54、および

－ハウジング14に対するそれぞれの素子の位置を後に説明するように決定する補助処理手段24

が示されている。

【0092】

したがって、複数の素子6を有するモジュールの放射面のサンプリングを出発点として（図4または6）、これらの全ての素子6の座標を得る必要がある。

【0093】

ただし、測定は素子のバックキングについて実施されるが、遅延法則は、素子のアクティブ面または放射面の位置から、言い換えると変換器の放射面のある側で計算される。

【0094】

したがって、この位置を決定するためのアルゴリズムを開発した。このアルゴリズムは3つの段階を含む。

## 【0095】

1) 補間、例えば3次スプライン補間を使用して、バックング上の測定点を通過する輪郭に最も良く一致した曲線C1を決定する（一例として6つの測定点M1からM6が示された図7を参照のこと）。

## 【0096】

2) それぞれの素子の中心線（中心線の参照符号は図8のX1からX6で示されている）は、被検査部品の表面の局所的な傾きならびに全ての素子のバックングの端部によって形成された面の局所的な傾きに対して直角であると仮定する（局所的な傾きの参照符号はT1からT6である）。

## 【0097】

したがって、バックングの輪郭を出発点として、局所導関数を測定してそれぞれの被測定素子の方向を決定する。

## 【0098】

こうして、それぞれの素子の方向および高さHを出発点として放射面上の対応する点の座標を得る（図8でのこれらの対応する点の参照符号はS1からS6である）。

## 【0099】

3) 最後に、放射面上のサンプリング点に3次「スプライン」型補間を適用する。

## 【0100】

このようにして得た曲線C2（図9）を使用して、変換器の座標系内の、言い換えれば検討している例のこの変換器のハウジング14に対する異なる素子の位置を決定することができる。

## 【0101】

次に、図4または6で変換器の位置および方向を測定する計装について検討する。

## 【0102】

変換器に備えられたこの計装は、変換器が対象8の固定座標系内で移動するときの変換器の位置および方向を画定する能力を有していなければならない。

## 【0103】

異なるいくつかのセンサがこの種の測定を実施する能力を有する。

## 【0104】

図4および6に示した例では接続機械アーム56を使用する。対象と接触した状態で変位している間のアームの位置および方向を、このアームの性質（受動または能動）に応じて測定またはチェックする。

## 【0105】

図4および6の例ではこのアームに、対象8に対して変位している間に空間内での超音波変換器の位置を検出し、その方向を測定するさまざまなセンサ58が取り付けられる。

## 【0106】

この種のアームの1例が、Metal Scan社から販売されている「sinus arm」機械部品である（文献[5]参照）。

## 【0107】

図4および6にはさらに、対象8に対する変換器の位置を、手段24によって供給された位置ならびにセンサ58によって供給された位置および方向の関数として画定する手段60が示されている。

## 【0108】

図4および6にはさらに制御／処理手段62が示されており、この手段は、  
—素子6に対する励起パルスを生成し、  
—このように決定した位置を出発点として遅延法則を定義し、素子6が、対象物8に関して制御された特性を有する集束超音波ビームFを生成することができるようにし、  
—これらの遅延法則を励起パルスに適用する  
ように設計される。

## 【0109】

次いで素子6が、これらの信号を利用して対象8に関係した像を供給するように設計された手段62に信号を供給する。これらの像はスクリーン64上に表示される。

## 【0110】

(センサのない) 受動アームを使用する場合には、使用者が変換器を手動で動かし、その位置および方向をセンサ58によって測定し、手段60に供給する。

## 【0111】

このアームを、変換器の位置および方向を供給する能力を同じように有する例えば慣性センサなどのその他の手段に置き換えることができる。

## 【0112】

さらに、以上の例では超音波を同時に放射および受信する能力を有する素子を使用する。当業者ならこれらの例を、超音波を放射するようにだけ設計された素子、および超音波を受信するようにだけ設計されたその他の素子を備える変換器の場合に適合させることができよう。

## 【0113】

これらの例を、ラム波を放射する変換器に適合させることもできる。

## 【0114】

さらにこれらの例では、使用する変換器が超音波素子の線形モジュールを備えるが、本発明はこのタイプの変換器だけに限定されない。当業者なら以上の例を、マトリックス変換器、例えば文献[1][2]および[4]に記載されているタイプのマトリックス変換器に適合させることができよう。

## 【0115】

具体的には、それぞれの補助超音波エミッタ(図4参照)を、ハウジング14に固定された超音波レシーバのマトリックス中の2つではなく3つのレシーバに動的に関連づける必要があり、図6に示した例を基に適合させたマトリックス変換器の場合には2つではなく3つのマイクロ波アンテナを使用する。

## 【0116】

以下の文献はこの説明中で参照されたものである。

[1] D.J. Powell, and G. Hayward 「Flexible ultrasonic transducer arrays for nondestructive evaluation applications PART I: The theoretical modeling approach」, IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, vol.43, No.3, 1996年5月, 385~392ページ。

[2] D.J. Powell, and G. Hayward 「Flexible ultrasonic transducer arrays for nondestructive evaluation applications PART II: Performance assessment of different array configurations」, IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control, vol.43, No.3, 1996年5月, 393～402ページ。

[3] J. CH. Bomole, 「La methode de diffusion modulee: une approche au releve des cartes de champs micro-ondes en temps reel」 (被変調散乱法: マイクロ波電磁界図をリアル・タイムで読む一方法) L'onde electrique, 1982, vol.62, No.5, 73～78ページ。

[4] G. Hayward and D.J. Powellの発明による国際特許出願WO 94/13411 「Ultrasonic transducer」、国際公開日: 1994年6月23日。

[5] METALSCAN社 (フランス Grenoble) 刊 「Systeme numerique de controle par ultrasons」 (超音波による数値制御システム)、SINUS 0.L.0' MTS、1～10ページ、参照番号SINU9506MTS、1995年6月。

【図面の簡単な説明】

【図1】

超音波放射／受信素子の線形モジュールの放射面を示す図である。

【図2】

任意に描いた輪郭上での図1のモジュールの例示的な変形を示す図である。

【図3】

本発明中で使用することができる三角測量原理を示す図である。

【図4】

補助超音波センサを使用する、本発明に基づく変換器の特定の第1の実施形態を示す図である。

【図5】

本発明中で使用することができる散乱法の原理を示す図である。

【図6】

マイクロ波アンテナを使用する、本発明に基づく変換器の特定の第2の実施形態を示す図である。



【図7】

本発明中で使用することができる一アルゴリズムの段階を示す図である。

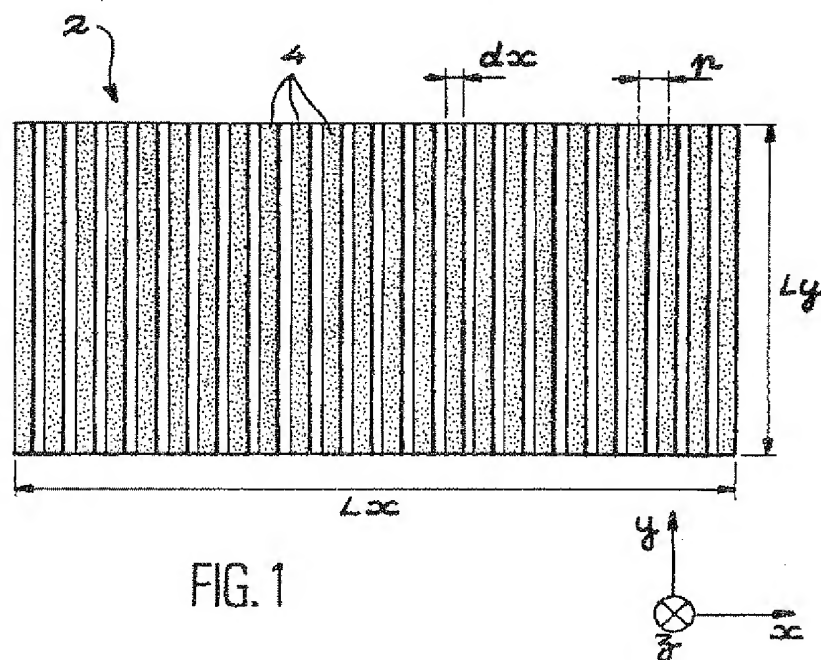
【図8】

本発明中で使用することができる一アルゴリズムの段階を示す図である。

【図9】

本発明中で使用することができる一アルゴリズムの段階を示す図である。

【図1】



【図2】

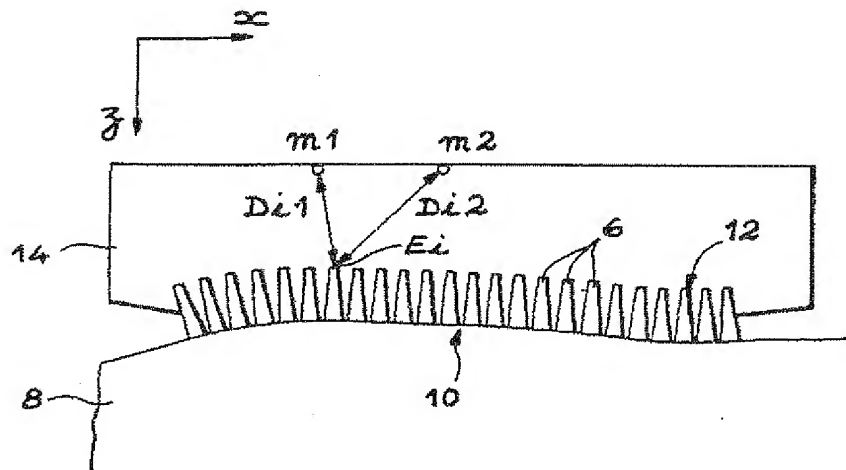


FIG. 2

【図3】

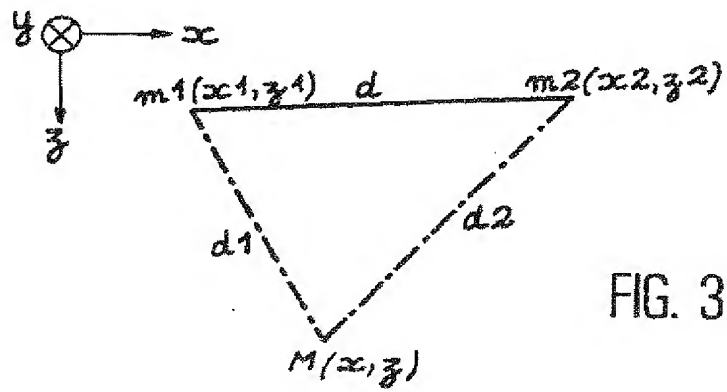


FIG. 3

【図4】

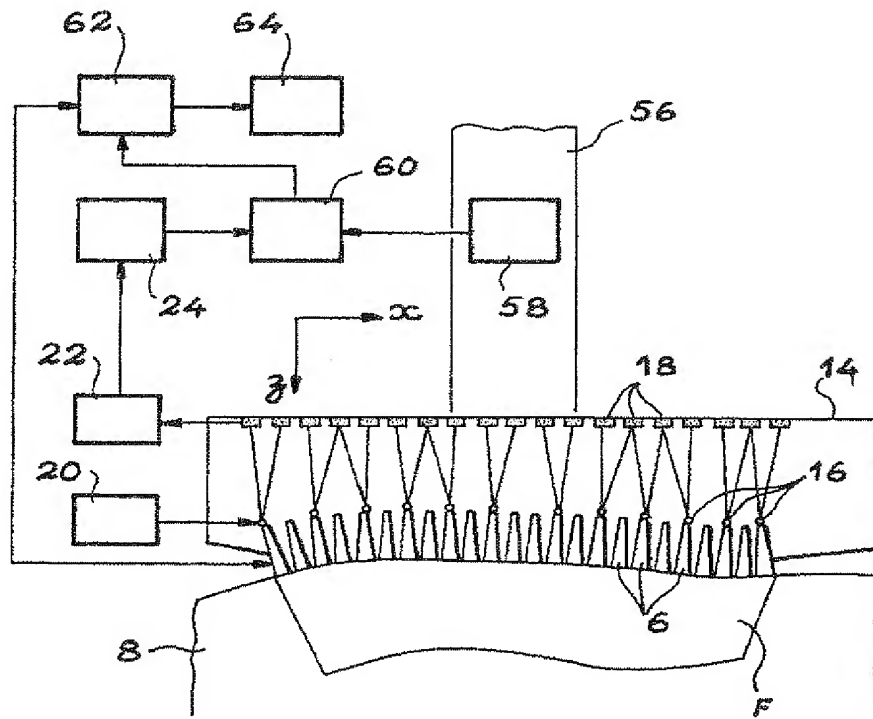


FIG. 4

【図5】

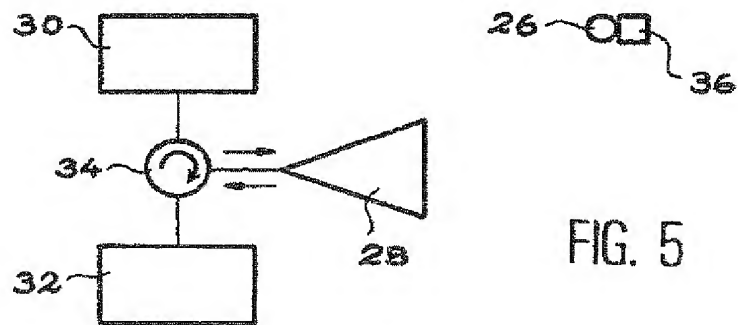


FIG. 5

【図6】

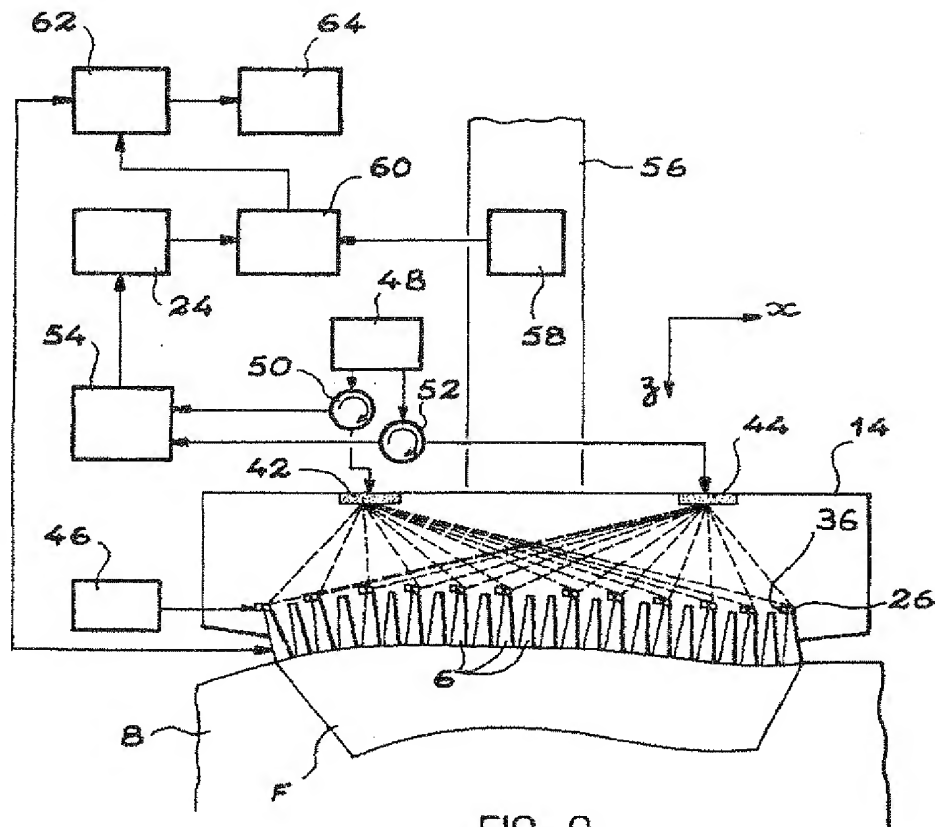


FIG. 6

【図7】

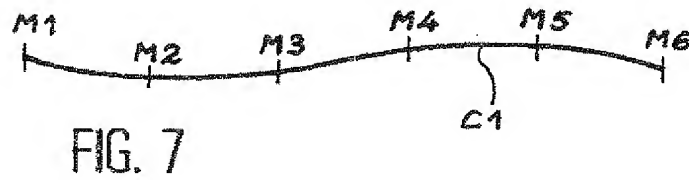


FIG. 7

【図8】

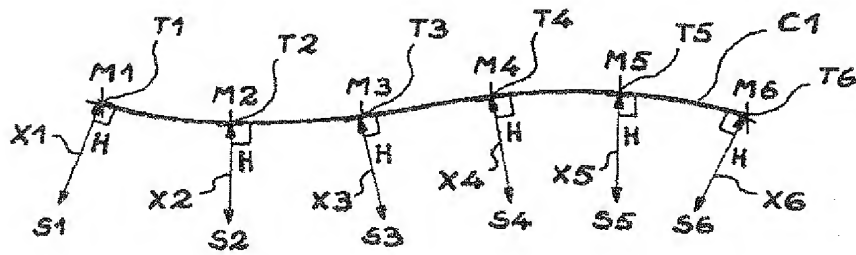


FIG. 8

【図9】

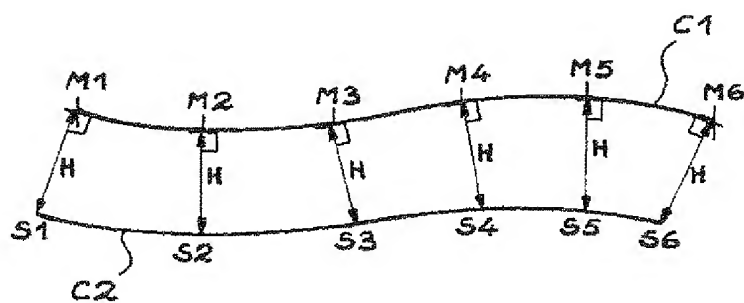


FIG. 9

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 Intern. Appl. No.  
PCT/FR 99/02912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC 7	G10K11/34	G01S5/14 G01S5/30 G01N29/26
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC 7 G10K G01S G01N B06B A61B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	US 5 913 825 A (SUZUKI MIKIO ET AL) 22 June 1999 (1999-06-22) claims 8-11	1, 4
X	& JP 10 042395 A (KANDA TSUSHIN KOGYO CO LTD; WATANABE HIROSHI) 13 February 1998 (1998-02-13)	1, 4
X	US 5 680 863 A (COOPER THOMAS G ET AL) 28 October 1997 (1997-10-28) column 4, line 14 - column 5, line 6	1
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
12 January 2000		24/01/2000
Name and mailing address of the ISA: European Patent Office, P.O. Box 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tr: 31 651 6000 Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Häusser, T

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte      onal Application No  
PCT/FR 99/02912

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	POWELL D J, HAYWARD G: "Flexible Ultrasonic Transducer Arrays for Nondestructive Evaluation Applications -- Part II: Performance Assessment of Different Array Configurations" IEEE TRANSACTIONS ON ULTRASONICS, FERROELECTRICS, AND FREQUENCY CONTROL, vol. 43, no. 3, May 1996 (1996-05), pages 393-402, XP002112831 USA cited in the application page 394	1-3
A	US 4 703 443 A (MORIYASU TAKASHI) 27 October 1987 (1987-10-27) abstract; figure 1	5,10
A	EP 0 312 481 A (EZQUERRA PEREZ JOSE MANUEL ; NOMBELA LOPEZ JAVIER (ES); SANCHEZ FER) 19 April 1989 (1989-04-19) abstract	6,7
A	J. CH. BOLOMEY: "La méthode de diffusion modulée: une approche au relevé des cartes de champs microondes en temps réel" L'ONDE ÉLECTRIQUE, vol. 62, no. 5, May 1982 (1982-05), pages 73-78, XP002112832 France cited in the application page 77	1,8

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/FR 99/02912

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5913825 A	22-06-1999	JP 10042395 A	13-02-1998
US 5680863 A	28-10-1997	US 5735282 A	07-04-1998
US 4703443 A	27-10-1987	JP 60170709 A	04-09-1985
		DE 3563652 A	11-08-1988
		EP 0155084 A	18-09-1985
EP 0312481 A	19-04-1989	ES 2005624 A	16-03-1989
		JP 1158375 A	21-06-1989



---

フロントページの続き

(72)発明者 カティオー ジェラル  
フランス国, 78117 シャトーフォール,  
リュ ドゥ ラ ペリューシュ, 1番  
地

(72)発明者 シャティヨン シルヴァン  
フランス国, 93330 ヌイイ シュール  
マルヌ, リュ マルクス ドルモイ,  
11番地

(72)発明者 ジョワセル アラン  
フランス国, 92190 ムードン, リュ  
マルトーエドワール, 9番地

(72)発明者 セレ マルク  
フランス国, 78000 ヴェルサイユ,  
リュ ドゥ サトリ, 27番地

F ターム(参考) 2G047 AB00 BA03 BB04 CA01 DB02  
EA07 GB02 GB11 GB24 GB36  
4C301 AA02 BB22 EE07 GB02 GB37  
GD02  
5D019 AA04 BB04 BB18 BB28 FF04  
FF05